

**Dimensionamento da capacidade de atendimento em uma empresa do  
ramo de mineração em itabira:  
Uma aplicação do sistema de filas**

**Dimensioning service capacity in a mining company in itabira:  
A queuing system application**

DOI:10.34117/bjdv5n12-227

Recebimento dos originais: 10/11/2019

Aceitação para publicação: 16/12/2019

**Patrícia Thaynara Fernandes Vieira**

Graduada em Engenharia de Produção pela Faculdade de Desenvolvimento das Ciências e Humanidades (FADECH/FUNCESI)

Endereço: Rua Venâncio Augusto Gomes, nº 50 - Major Lage de Cima, Itabira/MG - CEP. 35900-842

E-mail: [patriciathaynara@hotmail.com](mailto:patriciathaynara@hotmail.com)

**Patricia Carla De Brito Neves**

Mestre em Modelagem Matemática e Computacional pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG

Especialista em MBA Gestão Empresarial com ênfase em Gestão de Projetos pela Faculdade de Desenvolvimento das Ciências e Humanidades (FADECH/FUNCESI)

Especialista em Banco de Dados e Business Intelligence pelo Centro Universitário Newton Paiva

Graduada em Sistemas de Informação pela Faculdade de Desenvolvimento das Ciências e Humanidades (FADECH/FUNCESI)

Professora e Coordenadora do Núcleo de Ensino a Distância e de Projetos Interdisciplinares da Faculdade de Desenvolvimento das Ciências e Humanidades (FADECH/FUNCESI)

Endereço: Rua Venâncio Augusto Gomes, nº 50 - Major Lage de Cima, Itabira/MG - CEP. 35900-842

E-mail: [patricia.neves@funcesi.br](mailto:patricia.neves@funcesi.br)

**Tancredo Augusto Vieira**

Mestre em Administração pela Faculdade Novos Horizontes.

Graduado em Engenharia de Produção pela Faculdade de Desenvolvimento das Ciências e Humanidades (FADECH/FUNCESI)

Professor e Coordenador dos cursos de Engenharia de Produção, Engenharia Ambiental e de Tecnologia em Logística da Faculdade de Desenvolvimento das Ciências e Humanidades (FADECH/FUNCESI)

Endereço: Rua Venâncio Augusto Gomes, nº 50 - Major Lage de Cima, Itabira/MG - CEP. 35900-842

E-mail: [tancredo.vieira@funcesi.br](mailto:tancredo.vieira@funcesi.br)

**Rupert Barros De Freitas**

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras.

Mestre em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras.

Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Lavras.

Diretor da Faculdade de Desenvolvimento das Ciências e Humanidades

(FADECH/FUNCESI)

Endereço: Rua Venâncio Augusto Gomes, nº 50 - Major Lage de Cima, Itabira/MG - CEP.  
35900-842

E-mail: rupert.freitas@funcesi.br

**Bruna De Carvalho Fonseca Lage**

Mestre em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas.

Graduada em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa.

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Minas Gerais.

Professora e Coordenadora do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Desenvolvimento das Ciências e Humanidades (FADECH/FUNCESI)

Endereço: Rua Venâncio Augusto Gomes, nº 50 - Major Lage de Cima, Itabira/MG - CEP.  
35900-842

E-mail: bruna.lage@funcesi.br

**Miriam Barros Assis Duarte**

Mestre em Administração pela Universidade FUMEC.

Especialista em MBA Gestão Empresarial com ênfase em Gestão de Pessoas pela Faculdade de Desenvolvimento das Ciências e Humanidades (FADECH/FUNCESI)

Graduada em Administração pela Faculdade de Desenvolvimento das Ciências e Humanidades (FADECH/FUNCESI)

Professora e Coordenadora do curso de Administração, Ciências Contábeis e do Núcleo de Trabalho de Conclusão de Curso da Faculdade de Desenvolvimento das Ciências e Humanidades (FADECH/FUNCESI)

Endereço: Rua Venâncio Augusto Gomes, nº 50 - Major Lage de Cima, Itabira/MG - CEP.  
35900-842

E-mail: miriam.duarte@funcesi.br

**Priscila Mara Cota**

Doutoranda e Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Minas Gerais

Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Ouro Preto.

Professora da Faculdade de Desenvolvimento das Ciências e Humanidades

(FADECH/FUNCESI)

Endereço: Rua Venâncio Augusto Gomes, nº 50 - Major Lage de Cima, Itabira/MG - CEP.  
35900-842

E-mail priscila.cota@funcesi.br

**Shirlei Luana Chaves E Sousa Pereira**

Doutorando e Mestre em Letras - Linguística e Língua Portuguesa pela Pontifícia  
Universidade Católica de Minas Gerais.

Especialista em Língua Portuguesa pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

Graduada em Letras - Português/Espanhol pela Faculdades Integradas do Norte de Minas.

Professora da Faculdade de Desenvolvimento das Ciências e Humanidades

(FADECH/FUNCESI)

Endereço: Rua Venâncio Augusto Gomes, nº 50 - Major Lage de Cima, Itabira/MG - CEP.  
35900-842

E-mail shirlei.pereira@funcesi.br

## RESUMO

Os avanços tecnológicos e o mercado cada vez mais competitivo na atualidade tornam de grande importância a preocupação com a satisfação dos clientes, visando agregar valor aos serviços prestados pela organização. O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar, por meio da Teoria de Filas, o processo de carregamento de caminhões em uma pedreira localizada na cidade de Itabira/MG, pontua-se que o atendimento deve ser de qualidade buscando a satisfação dos clientes, mas não gerar custos exorbitantes para a organização. A metodologia utilizada se baseou em abordagem quantitativa e qualitativa. A amostra deste trabalho refere-se aos dados coletados na empresa do ramo de mineração situada em Itabira-MG, no período compreendido do dia primeiro de janeiro à vinte e oito de fevereiro de 2017. Foram utilizados três instrumentos para coletar os dados: observação participativa, análise documental e entrevista semiestruturada. Como resultado constatou-se que os clientes aguardam por um longo período em fila para atendimento, e o setor de carregamento, representa o gargalo do processo. Considera-se que um modelo de simulação oferece melhor entendimento dos processos das organizações, e utilizando o software de simulação ProModel, foi possível construir um modelo computacional que representasse fielmente o processo em questão, além de auxiliar na análise de viabilidade de otimização do processo.

**Palavras chave:** Teoria da Fila, Simulação, Tempo de espera, Atendimento.

## ABSTRACT

The advances in technology and the increasingly competitive marketplace today make it very important to focus on customer satisfaction, aiming to add value to the services provided by the organization. The present work has as main objective to evaluate, through the Theory of Queues, the process of loading of trucks in a quarry located in the city of Itabira / MG, it is pointed out that the service must be of quality seeking the satisfaction of the clients, but do not generate exorbitant costs for the organization. The methodology used was based on a quantitative and qualitative approach. The sample of this work refers to the data collected in the company of the mining branch located in Itabira-MG, during the period comprised from the first of January to the twenty-eight of February of 2017. Three instruments were used to collect the data: participatory observation, documentary analysis and semi-structured interview. As a result, customers have been waiting for a long time in line for service, and the loading sector represents the bottleneck of the process. It is considered that a simulation model

offers a better understanding of the processes of the organizations, and using ProModel simulation software, it was possible to build a computational model that faithfully represented the process in question, besides assisting in the feasibility analysis of process optimization.

**Keywords:** Queue theory, Simulation, Waiting time, Attendance.

## **1 INTRODUÇÃO**

Ao longo dos anos o mercado consumidor vem se tornando cada vez mais exigente, e considerando o desenvolvimento tecnológico, faz-se necessário agregar valor ao serviço/produto oferecido, como forma de assegurar o atendimento às expectativas e necessidades dos clientes.

Segundo Diehl (2001), quanto maior o valor agregado de um serviço prestado, maior a vantagem competitiva essencial quando associado as estratégias da empresa. Neste sentido, o estudo das filas ocupa grande importância, considerando que quanto maior o tempo de espera do cliente no sistema, maior sua insatisfação. Deve-se analisar as desvantagens que as filas podem ocasionar para estimar-se a importância da Teoria das Filas.

Para Prado (2014), o estudo das filas busca avaliar o sistema para atender da melhor maneira possível os clientes e ainda reduzir custos operacionais. E para que uma correta análise do sistema de filas seja realizada é necessário coletar e analisar os dados referentes às chegadas dos clientes ao sistema, ao tempo médio de espera na fila, e ao tempo médio de serviço.

De posse de todos os dados necessários é possível analisar a dinâmica da fila e criar um modelo de simulação para melhor compreensão de todo o processo. Segundo Harrel et al. (2002), um modelo de simulação bem elaborado é uma excelente ferramenta para solucionar problemas ou analisar mudanças em um projeto já existente.

No mundo moderno é comum encontrar filas em todos os lugares, sejam filas de papeis, filas para alimentação, filas para atendimento em bancos, filas de matéria prima para processamento, dentre outras. E, em nenhuma situação, é vantajoso ter-se uma fila, pois além de afetar o desempenho e ocasionar em perda de tempo, ainda gera aumento nos custos. Para Moreira (2010), as filas são comuns no dia a dia de todos, sendo ocasionadas por um problema na capacidade de atendimento ou devido à variabilidade entre chegada de clientes e tempo de atendimento.

Considerando os impactos negativos que o surgimento de filas causam, o presente estudo busca quantificar a capacidade diária de clientes e medir a efetividade do sistema de

carregamento em uma pedreira localizada na zona rural do município de Itabira/MG, em que inúmeras variáveis interferem no tempo gasto para o carregamento. Dentre elas, cita-se, a falta de material, a demora de emissão de Nota Fiscal e Ticket, problemas no sistema, demanda de mercado, defeito na carregadeira, dentre outros. Para Prado (2014), o estudo das filas busca avaliar o sistema para atender da melhor maneira possível os clientes e ainda reduzir custos operacionais. Deve-se analisar as desvantagens que as filas podem ocasionar para estimar-se a importância da Teoria das Filas.

O presente estudo justifica-se por analisar o comportamento do sistema de filas em uma empresa privada do ramo de mineração, onde são visíveis os transtornos causados pelo grande número de caminhões em fila. No âmbito organizacional ocupa importância considerável, por impactar diretamente na competitividade da organização, além de medir o desempenho do sistema a fim de otimizar os processos. A nível socioeconômico é relevante por impactar direta e indiretamente na taxa de desemprego, já que tendo em vista a situação econômica atual, os clientes encontram inúmeras opções, possibilitando a negociação e buscando o produto/serviço que atenda da melhor forma possível com preço acessível.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

O referencial teórico é composto por referências bibliográficas relacionadas ao estudo, com o objetivo de embasar e sustentar os resultados da pesquisa.

### **2.1 TEORIA DAS FILAS**

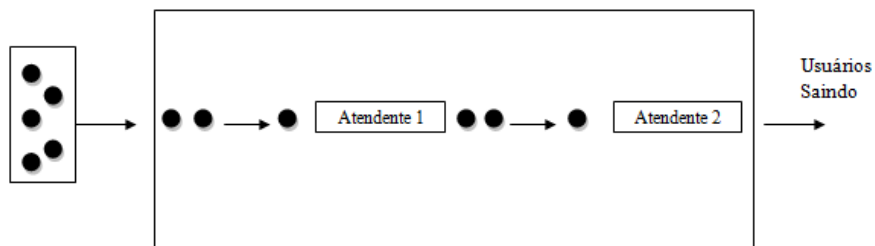
Neste tópico será abordada a Teoria das Filas, que trata problemas de congestionamento de sistemas no geral. Dentre sua variedade de aplicações, a Teoria de filas possibilita a análise da capacidade de atendimento, assim como o dimensionamento de um sistema de filas em uma empresa do ramo de mineração.

De acordo com Prado (2009), o estudo das filas é de fundamental importância no dimensionamento de qualquer sistema, visando redução de custos, além de melhoria na qualidade de atendimento.

Bronson (1985) explica que existem vários sistemas de filas, e todos incluem um grupo de usuários e atendentes, em uma ordem para atendimento. Para o autor, o sistema de filas é caracterizado como sendo um processo de nascimento-morte com uma população aguardando atendimento, sendo assim, um nascimento implica na entrada de um usuário no sistema e uma

morte na saída deste usuário do sistema. Nesta pesquisa a estrutura é composta por fila única e atendentes múltiplos em série, assim após a chegada ao sistema o cliente deve entrar na fila para carregamento de gnaiss<sup>1</sup> e aguardar, logo após o carregamento o cliente segue para a fila de pesagem do caminhão e aguarda novo atendimento, conforme representado na figura 1.

**Figura 1: Fila única, atendentes múltiplos em série.**



Fonte: BRONSON, 1985.

Diversos fatores influenciam no desempenho de uma fila, dentre eles: chegada, disciplina da fila, tempo médio de espera e capacidade de atendimento do sistema.

O ritmo com que ocorrem as chegadas é uma variável que influencia diretamente na formação da fila, segundo Andrade (2007), a quantidade de clientes que chegam varia imprevisivelmente. Bronson (1985) completa que no modelo de chegada pode existir o impedimento ou a regeneração. O impedimento se dá quando o cliente se recusa a fazer parte do sistema devido ao grande tamanho da fila, já a regeneração ocorre quando um cliente, que já está em fila no sistema, deixa o estabelecimento devido à demora de atendimento.

A disciplina da fila está relacionada com a ordem em que os clientes serão atendidos, Prado (2009) define como: o primeiro a entrar no sistema será o primeiro a ser atendido (FIFO), o último a entrar no sistema será o primeiro a ser atendido (LIFO); aleatório onde o serviço de atendimento realizado sem nenhuma preocupação com a ordem de chegada e o prioritário quando o serviço de atendimento realizado de acordo com prioridades pré-estabelecidas.

Assim, entende-se a necessidade de avaliar qual regra melhor se aplica ao problema pesquisado, definindo a ordem que os clientes serão atendidos, a fim de evitar o congestionamento do sistema e consequente insatisfação.

<sup>1</sup> *Gnaiss*: tipo de rocha utilizada como matéria-prima para produção de brita, cascalho, pedra de mão e outros.

O tempo médio de espera de um usuário em fila depende de inúmeros fatores, além de ser uma variável que influi na satisfação do cliente com a empresa. Para Andrade (2007), o tempo médio de espera é um fator que engloba o tempo médio de espera na fila e o tempo médio de espera no sistema. E que o tempo médio de espera no sistema nada mais é que o tempo médio de espera na fila acrescido do tempo de atendimento. É notável que o tempo de espera dependa das inúmeras características de uma fila, como a taxa de chegada, número de atendentes, tempo de atendimento, dentre outros. Para Marinho (2006) quanto maior a taxa média de serviço, menor será o tempo de espera em filas e vice-versa, assim, a taxa média de serviço opera de maneira inversamente proporcional ao tempo médio de espera.

O dimensionamento da capacidade de atendimento do sistema proporcional a demanda é um fator que afeta diretamente a formação de filas, por isso deve ser estudado de maneira a não comprometer o desempenho do sistema. Bronson (1985) explica que a capacidade de atendimento de um sistema implica na quantidade máxima de clientes que fazem parte deste sistema, incluindo clientes em atendimento e clientes em fila. Prado (2014) completa afirmando que um servidor poderá atender apenas um cliente de cada vez e quando a demanda for grande deve-se aumentar o número de servidores. Um sistema pode ter capacidade finita, quando existe um limite na capacidade de atendimento, ou infinita, quando a capacidade de atendimento é ilimitada. Sendo assim, em sistemas com capacidade finita, quando o estabelecimento está congestionado ocorre o bloqueio da entrada de novos usuários no sistema.

Arenales (2007) expõe a relação existente entre o tempo médio de espera em fila e a capacidade do sistema. A medida que tem-se um aumento na capacidade do sistema, ocorre a diminuição do tempo médio de espera em fila. Deste modo, o monitoramento da capacidade de atendimento do sistema faz-se necessária visto que pode acarretar em ônus tanto para a empresa quanto para o cliente. Se a capacidade de atendimento for menor que a demanda, implica no aumento do tempo de espera em fila, já quando a capacidade de atendimento é maior que a demanda, ocorre tempo ocioso no sistema, o que não é vantajoso para o estabelecimento.

O processo de produção de acordo com Chiavenato (2014) é a maneira como é organizado e realizado todo o processo produtivo, e existe uma ligação entre todas as etapas. Desta forma, entende-se que um sistema produtivo é responsável por todo o processo de transformação de matéria prima em produtos finais para serem estocados e vendidos ao cliente



final. Albertin (2016) acrescenta que um sistema de produção é um processo planejado, que busca maximizar a produção fazendo uso dos recursos disponíveis.

Para Andreoli (2014), um sistema de produção é responsável por todo conjunto de operações que transforma insumos em produtos acabados, geralmente este processo é composto por entradas, processos de transformação, saídas e subsistemas de retroalimentação. Neste mesmo entendimento, Albertin (2016) acrescenta que um sistema de produção é um processo planejado, que busca maximizar a produção fazendo uso dos recursos disponíveis.

Lustosa et al. (2008), descreve que o processo produtivo consiste na transformação de recursos de entrada em recursos de saída. Tal qual o processo produtivo da pedreira Y, que consiste na transformação de *gnaisse*, rocha extraída na zona rural de Itabira, em produto acabado, para posterior comercialização.

Em todo processo de fila, é importante avaliar o processo de despacho para o eficiente desempenho da produção. Para Alexandre (2015), problemas de despacho de caminhões não ocorrem somente no contexto de mineração, mas em diversos outros que precisam administrar a frota veicular. É necessário que haja a utilização eficiente de todos os recursos disponíveis e dimensionamento correto da frota, de modo a minimizar o risco do não atendimento dos compromissos e garantir lucratividade. Entende-se que um processo de despacho bem elaborado busca a utilização de todos os recursos do sistema de maneira eficiente, estimulando a redução dos custos operacionais. O Processo de despacho da pedreira Y é controlado pela portaria da pedreira Y, responsável pelo controle da quantidade de caminhões que entram e saem do sistema, pois só é permitida a entrada de no máximo seis caminhões por vez. Este controle é necessário para evitar acidentes, devido à necessidade de manobras na área.

## 2.2 SIMULAÇÃO

Para Chwif e Medina (2007) a simulação hoje em dia é uma das técnicas mais usadas na Pesquisa Operacional, que não visa diretamente à otimização, mas sim a análise de problemas reais. Chwif e Medina (2007) ainda diz que à medida que aumenta a complexidade do problema ou sistema, aumenta também a viabilidade de se aplicar a simulação, visto que a simulação possibilita melhor entendimento de todas as fases do sistema.

Filho (2008) cita inúmeros motivos para a aplicação da simulação, dentre eles tem-se: A) A simulação usada em um sistema que ainda não é real, visando planejar a atuação futura do sistema. B) A simulação usada para minimizar custos, uma vez que verificar a viabilidade



de uma mudança antes de realiza-la é mais benéfico. C) A simulação usada para evitar testes sujeitos a falhas, visto que não é apropriado experimentos no sistema real.

Assim, entende-se que o processo de simular permite uma clara compreensão do sistema sem a necessidade de interferir no funcionamento do mesmo, demanda tempo e esforço de todos os envolvidos, mas é extremamente útil na tomada de decisão ou até mesmo na implementação de um sistema.

Nesta pesquisa, optou-se pelo uso do *software* ProModel. A tecnologia ProModel vem se tornando tendência no mundo inteiro, devido as suas inúmeras vantagens. Dentre elas pode-se citar o aumento na capacidade de atendimento, redução dos custos no sistema, melhora na produção, dentre outros.

O uso de planilhas nem sempre é a melhor solução, quando aplicada a problemas de alta complexidade pode levar a tomar decisões erradas, acarretando em gastos desnecessários. Já com o uso do sistema de simulação ProModel é possível um estudo mais aprofundado sobre o problema, possibilitando uma tomada de decisão embasada em análises completas.

### 3 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como descritivo e a pesquisa em questão utilizou uma abordagem qualitativa e quantitativa. A pesquisa descritiva ocorreu pela necessidade de analisar e descrever os processos diários realizados pela organização, por meio da observação participativa e da análise dos dados relacionados ao sistema de filas.

O método de pesquisa utilizado neste trabalho foi a pesquisa de campo, e o universo desta pesquisa se compôs por uma empresa fornecedora de *gnaisse* localizada na zona rural da cidade de Itabira/MG. A amostra desta pesquisa foi não probabilística por acessibilidade.

Utilizou-se tanto a análise descritiva quanto a análise de conteúdo para tratar os dados coletados, já que a análise descritiva permitiu organizar os dados estatísticos coletados visando fácil entendimento, enquanto a análise de conteúdo possibilitou conhecer de forma mais ampla todas as possíveis causas de atraso no carregamento dos caminhões. Além disso, a simulação foi usada de maneira complementar para enriquecer a pesquisa, possibilitando melhor visualização de todo o processo e facilitando a análise.

Este estudo teve como fatores limitantes o uso incorreto do sistema da empresa por parte dos funcionários, gerando relatórios incompletos e dificultando a coleta de dados. Além disso, pode-se citar o acesso restrito a alguns documentos e informações da empresa. Outro

fator observado durante a realização da pesquisa é a existência de dados divergentes entre os setores da empresa

#### **4 ANÁLISE DE DADOS**

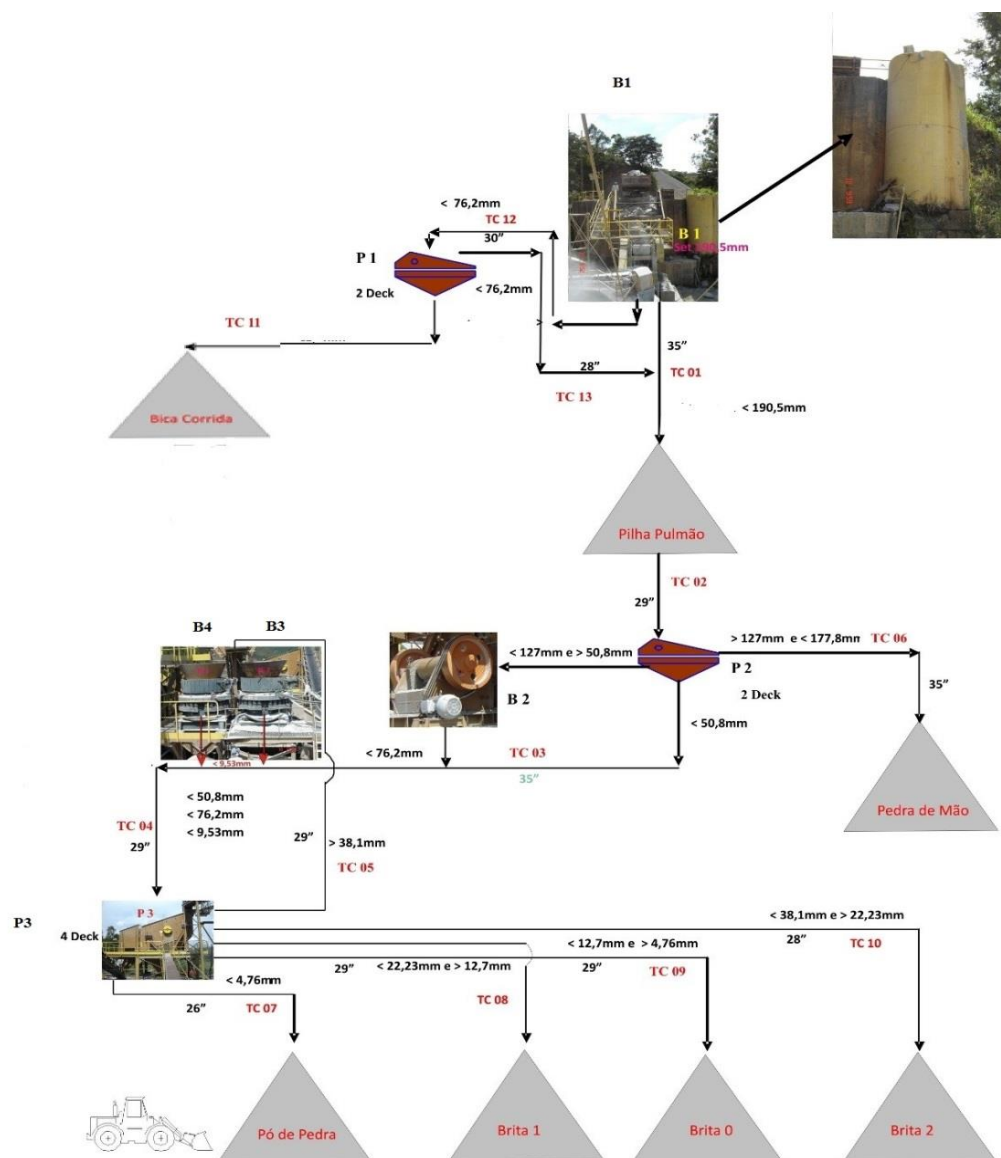
Este capítulo apresenta as informações e materiais coletados na pedreira Y por meio de análise documental, observação participativa e entrevista semiestruturada. Os objetivos são analisados de maneira a compreender melhor o processo de produção e despacho da pedreira, bem como o tempo gasto em cada etapa do sistema e propor uma maneira de otimizar os processos.

A pedreira Y conta com 199 funcionários distribuídos em diversos setores. No setor de carregamento, em análise, atuam um operador para a carregadeira, dois operadores na balança e um vigia na portaria principal, em uma jornada de trabalho de oito horas e quarenta e oito minutos por dia, cinco dias por semana. O período da pesquisa foram os meses de janeiro e fevereiro de 2017, considerando todas as vendas realizadas neste período.

##### **4.1 COMPREENDER O PROCESSO DE PRODUÇÃO DA PEDREIRA Y**

Este tópico tem como objetivo principal compreender o processo produtivo da pedreira Y, de tal forma que o conhecimento adquirido possibilite ao final do capítulo uma análise que identifique os pontos positivos e negativos, além da implantação de possíveis melhorias no sistema como um todo.

Na empresa em análise, o processo produtivo consiste na transformação de *gnaisse*, um tipo de rocha extraída na zona rural de Itabira, em produto acabado, para posterior comercialização. A figura 1 representa o fluxograma do processo de produção da pedreira Y.



Fonte: Empresa pesquisada, 2017

Figura 1 – Processo produtivo da pedra Y

A figura 1 representa o processo de britagem de *gnaisse* exclusivo da pedra Y, detalhando as etapas do processo e especificando as dimensões de cada material produzido. Após a detonação do *gnaisse*, o material proveniente do desmonte é trazido por caminhões até a planta de beneficiamento e basculado no silo de alimentação, que possui uma mesa vibratória e direciona o material basculado até um britador de mandíbulas 1 (B1). Este é o início de um processo interligado. A estimativa é que ocorrem cerca de 50 viagens de materiais para o silo de alimentação durante o dia, para suprir a demanda de material comercializado. O processo produtivo da pedra Y é subdividido em britagem primária e britagem secundária. A

britagem primária é responsável pela produção de bica corrida, enquanto a britagem secundária é encarregada de produzir a pedra de mão, brita 0, brita 1 e brita 2, e o pó de pedra. Também comercializa-se o cascalho de bica, que é um subproduto composto pela mistura de 1/3 de brita 0, 1/3 de brita 1 e 1/3 de pó de pedra.

Em relação ao excesso ou falta de material em estoque, o entrevistado menciona que é possível alterar o foco produtivo visando atender a demanda do mercado, controlando assim o fluxo de produção, conforme entrevista.

Todas as pilhas de materiais são separadas por baias e estão localizadas na praça de carregamento para comercialização. Mas se ocorrer saturação de material em uma das pilhas e falta de material na pilha que detém maior venda, é possível alterar o sistema produtivo para que se produza maior quantidade do material necessário (ENTREVISTADO).

Prado (2009) afirma que nunca é prazeroso fazer parte de uma fila de espera, e que é um fator capaz de causar irritação nos clientes. Analisa-se que a falta de estoque de qualquer material produzido na pedreira Y pode causar prejuízos para a empresa, já que se houver a falta de material, o cliente precisará esperar a produção, aumentando seu tempo de espera no sistema.

Ao comparar o relatório de vendas da Pedreira Y com o relatório de produção nos meses de janeiro e fevereiro de 2017, em toneladas, verificou-se que os materiais mais comercializados pela pedreira Y são a pedra de mão, a brita 1 e o pó de pedra, porém existe um grande estoque de pó de pedra e bica corrida, e que, apesar do elevado volume em estoque, estes materiais continuam sendo produzidos, aumentando assim o custo de armazenamento. O produto que detém a maior produção, de acordo com os dados coletados, é a brita 1, entretanto o que se verifica é a falta de estoque deste material.

A tabela 2 compara a quantidade de material produzido e a quantidade vendida, nos meses de Janeiro e Fevereiro de 2017, a fim de analisar a demanda de cada produto e o estoque gerado.

Tabela 2 – Produção e vendas da pedreira Y, em toneladas

PRODUTOS	Estoque JANEIRO/2017	Produção	Vendas	Estoque FEVEREIRO/2017	Produção	Vendas	Estoque MARÇO
BICA CORRIDA	13.797,0	3.744,00	2287,1	15253,9	2.602,50	1926,35	15930,05
BRITA 0	1.204,00	3.510,00	2746,3	1967,67	2.949,50	2891,36	2025,81
BRITA 1	0	6.318,00	5476,8	841,17	4.337,50	2889,48	2289,19
BRITA 2	752	1.404,00	1074,2	1081,76	867,5	46,21	1903,05
PEDRA DE MÃO	3.005,00	4.446,00	6040,3	1410,62	3.470,00	4178,17	702,45
PÓ DE PEDRA	31.857,0	3.978,00	4.603,5	31.231,4	3.123,00	3432,34	30.922,10

Fonte: Empresa pesquisada, 2017.

Percebe-se que alguns materiais tiveram as vendas maiores que a produção, cita-se o caso da pedra de mão em janeiro: foram vendidas 6.040,38 toneladas, e a produção total foi de apenas 4.446 toneladas. É visível que a produção do mês de janeiro não supriu a demanda, mas como existia um estoque inicial de 3.005 toneladas, foi possível atender a demanda existente no período, impedindo que a falta de material afetasse o desempenho do sistema. Slack, Chambers, Harland et al. (2009) aprofunda afirmando que o objetivo de um estoque é compensar as incertezas de demanda. Por isso, é de extrema importância que o estoque e a produção da pedreira Y estejam em harmonia, visando suprir a demanda de material existente.

É perceptível também a grande quantidade de bica corrida e pó de pedra disponíveis em estoque no período analisado. Chiavenato (2014) expõe que a definição de um sistema de produção adequado, ou seja, equipamentos, métodos, processos e pessoal qualificado, possibilitam produzir de maneira mais eficiente e eficaz. Isso é chamado de racionalidade na produção, encontrar os melhores meios para alcançar os objetivos pré-determinados. Ao analisar a quantidade de pó de pedra e bica corrida que são vendidos por mês, é visível a discrepância em relação ao estoque desses materiais. Existe uma quantidade muito grande de pó de pedra e bica corrida em estoque, e uma venda muito inferior a essa quantidade, mas esses materiais continuam sendo produzido.

Com base na situação exposta nesta seção, o primeiro objetivo deste trabalho foi atendido, uma vez que foi possível compreender todo o processo de produção da pedreira Y. Constata-se que esse processo pode ser melhorado, focando apenas na produção de materiais com baixo estoque, como é o caso da pedra de mão e brita 1, que são os materiais mais vendidos, e possuem baixa quantidade em estoque. Um estoque desnecessário como é o caso

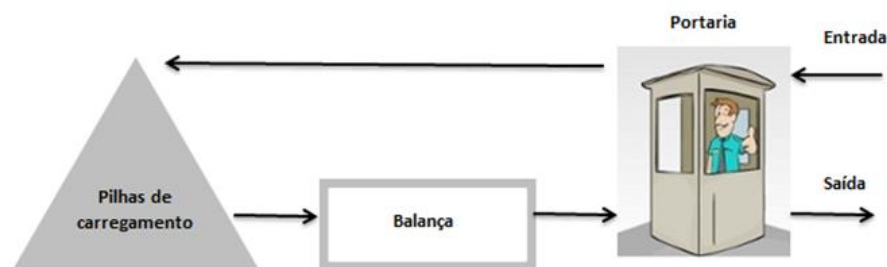
do pó de pedra e bica corrida, gera um gasto desnecessário para a empresa, além de ocupar grande espaço.

#### 4.2 DETALHAR O PROCESSO DE DESPACHO DA PEDREIRA Y E SEUS IMPACTOS NEGATIVOS

Este tópico objetiva detalhar como o processo de despacho ocorre na pedreira Y, levantando suas vantagens e desvantagens, além de sua importância para o sistema, de tal maneira que o entendimento do processo de despacho possibilite ao final do capítulo uma análise mais completa.

Segundo informações cedidas pelo Supervisor de Produção em entrevista, o processo de despacho da pedreira Y é controlado pela portaria principal, que coleta os dados de todos os caminhões que entram e saem do sistema. A portaria é responsável pelo controle da quantidade de caminhões que entram e saem do sistema, além de registrar os dados do caminhão e motorista. Só é permitida a entrada de até seis caminhões por vez.

Na etapa de carregamento, o cliente informa para o operador da carregadeira a quantidade e tipo de material, e segue para o processo de pesagem, onde são solicitados os dados do motorista e do caminhão para emissão da nota fiscal e ticket. Neste momento o caminhão é pesado, e se necessário acrescenta ou retira-se material, conforme ilustrado na figura 2.



Fonte: Adaptado pelo autor. Dados da empresa pesquisada, 2017

Figura 2 – Representação esquemática do processo de despacho da pedreira Y

Nota-se que todas as etapas do processo de despacho da pedreira Y estão interligadas, sendo assim, se houver atraso em uma das etapas, todo o processo fica comprometido, provocando a formação de filas. Em concordância com o exposto Slack, Chambers, Harland et al. (2009) relatam que não existem etapas produtivas isoladas, elas fazem parte de uma rede

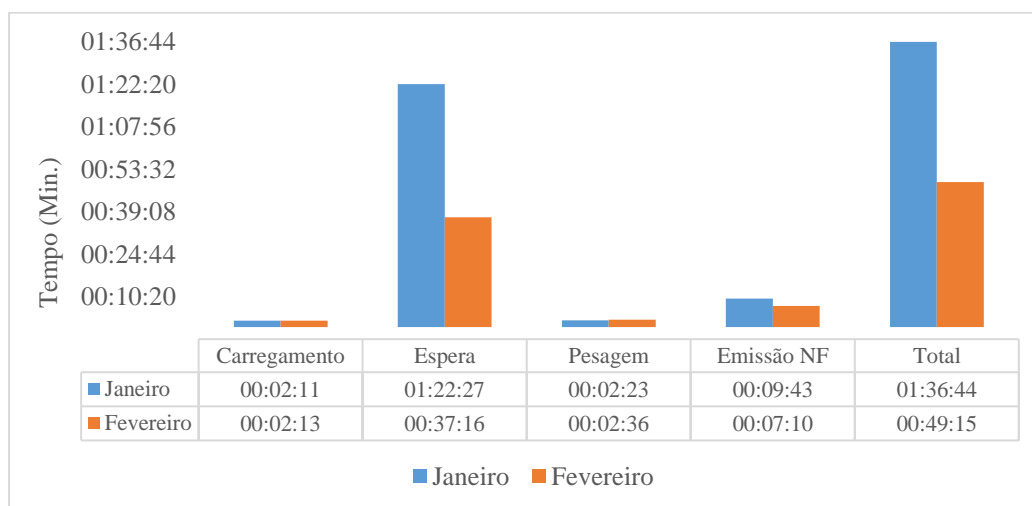
interligada de operações. Um processo de despacho mal planejado ocasiona em perda de tempo e produtividade para a empresa e clientes.

## 4.3 QUANTIFICAR O TEMPO GASTO PARA CARREGAMENTO DOS CAMINHÕES, IDENTIFICANDO A TAXA MÉDIA DE CHEGADA, O TEMPO MÉDIO EM FILA E A MÉDIA DIÁRIA DE CLIENTES

Este tópico tem como objetivo calcular o tempo gasto em cada uma das etapas do processo de carregamento da pedreira Y, além de identificar a média diária de clientes, taxa média de chegada e tempo médio em fila. Os resultados são necessários para reconhecer o gargalo do processo, buscando aperfeiçoar o sistema.

A pedreira Y segue a regra de atendimento FIFO, onde o primeiro a entrar no sistema é o primeiro a ser atendido, e após a entrada no sistema o cliente segue para a fila de carregamento, em seguida para a fila de pesagem do caminhão e aguarda novo atendimento.

Nesta pesquisa, para identificar o tempo em fila, o tempo no sistema e o tempo de atendimento, os dados coletados foram trabalhados em função de médias. As informações necessárias foram retiradas do relatório de venda da pedreira Y, em junção com o registro de entrada e saída de veículos, tornando possível a realização dos cálculos. As informações obtidas através dos cálculos estão explicitadas no gráfico 1.



Fonte: Empresa pesquisada, 2017

Gráfico 1 – Tempo médio no sistema em janeiro e fevereiro de 2017

Para Andrade (2007), o tempo médio de espera é um fator que engloba o tempo médio de espera na fila e o tempo médio de espera no sistema. E que o tempo médio de espera no



sistema nada mais é que o tempo médio de espera na fila acrescido do tempo de atendimento. Os clientes da pedreira Y permaneceram no sistema por 01h36m44s, em média, no mês de janeiro de 2017. No mês de fevereiro o tempo médio de permanência no sistema foi de 49m15s.

De posse do registro de entrada e saída de veículos na pedreira Y, foi possível determinar a média diária de clientes nos meses de janeiro e fevereiro de 2017. No mês de janeiro, a pedreira Y teve uma média de aproximadamente 51 clientes, já em fevereiro percebe-se uma queda nas vendas e a média foi de 42 clientes por dia.

Na pedreira Y, o intervalo médio entre chegadas no mês de janeiro foi de 10m53s, já em fevereiro este intervalo foi de 11m43s. Percebe-se que a taxa média de chegada de clientes no mês de janeiro é de 1 cliente a cada 10m53s, e no mês de fevereiro esta taxa é de 1 cliente a cada 11m43s. Embora seja uma importante variável, este ritmo de chegada sofre alterações durante o dia, podendo ser mais intensa em determinados períodos que em outros.

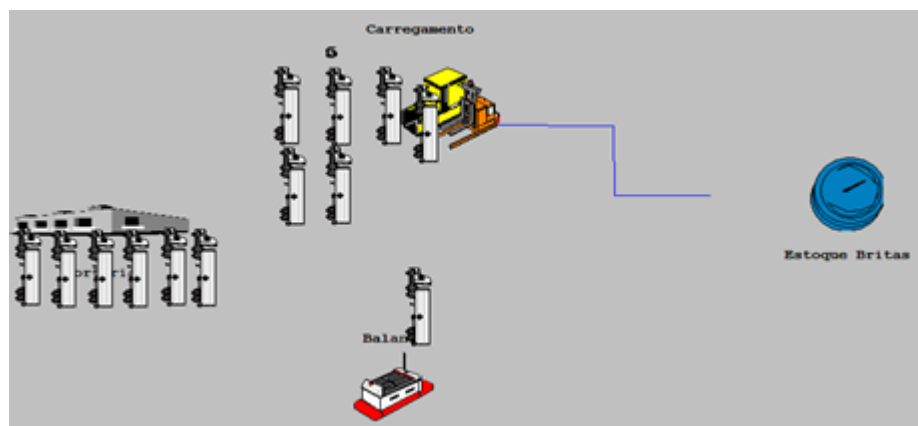
A partir do estudo realizado, conclui-se que a etapa de carregamento representa o gargalo do processo, sendo responsável pelo atraso no processo e formação de filas. O estudo das filas revela que o tempo de atendimento é relativamente pequeno se comparado ao tempo de espera para carregamento, e que o intervalo entre as chegadas não é o principal motivo de se ter esse grande tempo de espera.

Inúmeros fatores contribuem para esse tempo relativamente grande dos clientes na fila para carregamento, dentre eles cita-se o compartilhamento do operador, que além de carregar os caminhões em fila, ainda é responsável por adequar a carga do caminhão na etapa de pesagem. Outro fator que está implícito no dispendioso tempo de espera para carregamento, é a falta de materiais. Pondera-se que o grande tempo de espera para carregamento está diretamente ligado à produção, a exemplo disso cita-se a brita que é um dos produtos com maior demanda da pedreira Y, e foi o único material que iniciou o mês de janeiro sem estoque.

#### 4.4 PROPOR A OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE CARREGAMENTO, POR MEIO DA REDUÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS

Este tópico visa otimizar o processo de carregamento da pedreira Y, de modo que, através da redução dos pontos críticos, o sistema de despacho seja mais eficiente, proporcionando maiores lucros e satisfação dos clientes.

Esta pesquisa fez uso do software ProModel para simular o processo de despacho da pedreira Y. A figura 3, ilustra o modelo computacional construído no ProModel, com o objetivo de representar fielmente o funcionamento do sistema de despacho da Pedreira Y.



Fonte: Promodel, 2011

Figura 3 – Modelo computacional simulado no Promodel

Através da simulação computacional, pode-se visualizar todo o processo. Nota-se a formação de fila na portaria da pedreira Y, responsável por controlar a entrada e saída dos veículos, que só libera a entrada de no máximo seis clientes no sistema. verifica-se que ao chegar na portaria os clientes seguem para o setor de carregamento e aguardam o carregamento; o operador da carregadeira realiza o processo de carregamento e ao finalizar libera o cliente para seguir para o setor de pesagem. Nesta etapa, após ser pesado, o cliente aguarda nota fiscal e *ticket* e sai do sistema.

O software Promodel fornece um relatório detalhado dos resultados encontrados após a execução da simulação. Este relatório revela que o operador da carregadeira está em ocupado 97,53% do seu tempo, enquanto o setor de pesagem fica ocioso a maior parte do tempo, 88,89%, e ocupado apenas 11,11% do tempo. De acordo com entrevista rerealizada, o setor de pesagem conta com o apoio de dois funcionários, mas o estudo revela que apenas um funcionário seria suficiente, visto que o setor fica ocioso por 88,89% do tempo. Está medida é viável do ponto de vista financeiro, já que caracteriza redução de custos.

Para finalizar, a simulação no promodel indica que o tempo de atendimento é relativamente pequeno se comparado ao tempo de espera, Os clientes ficam aguardando atendimento por 95,28% do tempo e em operação apenas 4,56%, estes resultados vão de encontro ao estudo das filas realizado.

Com o auxílio do ProModel é possível criar um novo modelo de simulação para verificar as vantagens e desvantagens que o acréscimo de um operador pode acarretar ao sistema de carregamento da Pedreira Y. O novo modelo de simulação conta com o apoio de dois operadores de carregadeira para agilizar a etapa que detém o maior tempo de espera para os clientes, o carregamento. Através dos resultados encontrados pode-se afirmar que houve uma redução no tempo de espera dos clientes na fila, conforme tabela 3.

N° de operadores	Um operador			Dois Operadores			
	Clientes	Aguardando 95,28	Operação 4,56	Movimentação 0,16	Aguardando 82,13	Operação 5,71	Movimentação 0,2
Operadores		Uso 61,56	Movimentação 35,97	Ocioso 2,48	Uso 61,56	Movimentação 35,97	Ocioso 2,48
Balança		Operação 11,11	Ocioso 88,89		Operação 22,22	Ocioso 77,78	
Portaria		Vazio 14,26	Ocupado 85,74		Vazio 18,25	Ocupado 81,75	
Carregamento		Vazio 2,07	Ocupado 10,37	Cheio 87,56	Vazio 2,07	Ocupado 12,56	Cheio 85,37

Fonte: Adaptado pelo autor. Promodel, 2011

Tabela 3 – Comparação dos resultados encontrados através do *software* Promodel

Após a realização da simulação computacional com utilização de um e dois operadores, destaca-se que os resultados que sofreram alterações significativas foram: o tempo de espera dos clientes por atendimento e a taxa de utilização do setor de pesagem. Conforme explicitado na tabela 3, o acréscimo de um novo operador para carregamento possibilitou a redução de 13,15% no tempo de espera dos clientes, e um acréscimo de 11,11% na taxa de utilização da balança, consequentemente reduzindo a ociosidade do setor de pesagem. As outras etapas do processo de despacho não apresentaram alterações relevantes para o estudo.

O objetivo de otimizar o processo de carregamento da pedreira Y foi parcialmente alcançado, pois apesar da redução de 13,51% do tempo de espera dos clientes, o setor de carregamento ainda representa o gargalo do processo. Os resultados também acusam que houve também uma redução na ociosidade da balança de 11,11%, mas o setor de pesagem continua apresentando alta taxa de ociosidade mesmo com este aumento na vazão do sistema.

Julga-se necessário um estudo mais aprofundado sobre os custos relacionados à contratação e treinamento de um funcionário, para analisar a viabilidade desta alteração para a pedreira Y.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho teve como principal objetivo analisar o comportamento do sistema de filas em uma empresa privada do ramo de mineração, onde são visíveis os transtornos causados pelo grande número de caminhões em fila. A empresa em estudo encontra-se localizada na zona rural do município de Itabira/MG, e os dados foram coletados no período de janeiro e fevereiro de 2017.

Considerando o objetivo geral desta pesquisa, de avaliar, por meio da Teoria das Filas, o processo de carregamento de caminhões em uma pedreira localizada na cidade de Itabira/MG, julga-se que a demora de atendimento na etapa de carregamento reflete na performance da Pedreira analisada, acarretando em um demasiado tempo de espera dos clientes em fila. O setor de carregamento, considerado gargalo do processo de despacho, é responsável por grande parte deste tempo de espera, e o acréscimo de um funcionário neste setor reduz em 13,51% o tempo de espera dos clientes para atendimento e em 11,11% a ociosidade da balança, melhorando os índices.

À título de sugestão para novas pesquisas, considera-se oportuno um estudo mais aprofundado para melhoria da metodologia apresentada, e uma análise detalhada dos custos envolvidos na contratação e treinamento de um trabalhador para operara carregadeira, a fim de analisar a viabilidade desta alteração.

## **REFERÊNCIAS**

- ALBERTIN, M. R; PONTES, H. L. J.** *Administração da produção e operações*. São Paulo: Intersaberes, 2016.
- ALEXANDRE, R. F.** *Despacho dinâmico de frotas de caminhões heterogênea em minas a céu aberto via algoritmos evolucionários multiobjetos*. Belo Horizonte/MG, 2015. Tese (Pós Graduação em Engenharia elétrica). Universidade Federal de Minas Gerais.
- ANDRADE, E. L.** *Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para Análise de Decisões*. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2007.

**ANDRADE, M. M.** *Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

**ANDREOLI, T. P.** *Organização de sistemas produtivos: decisões estratégicas e táticas*. São Paulo: Intersaberes, 2014.

**ANGROSINO, M.** *Etnografia e observação participante*. Porto Alegre: Artmed Editora S.A, 2009.

**ARBACHE, F. S.; SANTOS, A. G.; MONTENEGRO, C. et al.** *Gestão de logística, distribuição e trade marketing*. 4. ed. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2015.

**BATEMAN, R. E. et al.** *Simulação de sistemas: Aprimorando processos de logística, serviços e manufatura*. 1º ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

**BEUREN, I. M. (Org.)**. *Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática*. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

**BRONSON, R.** *Pesquisa operacional*. São Paulo: McGraw-hill do Brasil, 1985.

**CABRAL, K. O.** *Influência da areia artificial oriunda da britagem de rocha granito-gnaiss nas propriedades do concreto convencional no estado fresco e endurecido*. Goiânia/GO, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás.

**CALDAS, R. S.** *Relação entre características da rocha e comportamento na britagem para produção de agregado*. Rio de Janeiro/ RJ, 2015. Dissertação (Graduação em Engenharia Metalúrgica). Universidade Federal do Rio de Janeiro.

**CHIAVENATO, I.** *Gestão da Produção: uma abordagem introdutória*. 3º ed. São Paulo: Manole Ltda., 2014.

**CHWIF, L; MEDINA, A.C.** *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicação*. 2. ed. São Paulo: Ed dos Autores, 2007.

**CONTADOR, J. C.** *Gestão de Operações. A Engenharia de Produção a serviço da modernização da empresa*. 3. Ed. São Paulo: Blucher, 2010.

**DAMO, G. F.** *Avaliação do desempenho de diferentes agregados miúdos de britagem em concretos de cimento Portland*. Florianópolis/SC, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina.

**DESTRO, E.** *Software para Planejamento Operacional de Lavra, Simulação e Despacho de Caminhões Visando ao Atendimento das Metas de Produção e Qualidade da Mistura de Minérios*. Ouro Preto/MG, 2015. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais). Universidade Federal de Ouro Preto.

**DIEHL, C. A.; GONÇALO, C. R.; MARTINS, G. de A.** *Dimensões Competitivas em Organizações de Serviços: Um Modelo de Pesquisa Aplicada*. Anais do ENEGEP 2001, Salvador/BA.

**FILHO, P. J. F.** *Introdução a modelagem e simulação de sistema com aplicações em Arena*. 2º ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

**GIL, C.** *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4º ed. São Paulo: Atlas, 2009.

**HARREL, C. R. et al.** *Simulação de sistemas: Otimizando sistemas*. 2º ed. São Paulo: Instituto IMAM, 2002.

**JUNG, C. F.** *Metodologia para pesquisa & desenvolvimento: Aplicada a Novas Tecnologias, Produtos e Processos*. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil Editora, 2004.

**LUSTOSA, L. et al.** *Planejamento e controle da produção*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

**MARCONI, M.A; LAKATOS, E.M.** *Metodologia científica*. 5º ed. São Paulo: Atlas, 2009.

**MARINHO, A.** *Um estudo sobre as filas para transplantes no Sistema Único de Saúde brasileiro*. Disponível em: Artigo MARINHO 2006 - <http://www.scielo.br/pdf/%0D/csp/v22n10/22.pdf>. Acesso em 20 Abr. 2017.

**MOREIRA, D. A.** *Pesquisa operacional: curso introdutório*. 2º ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

**PRADO, D.** *Teoria das filas e da simulação*. 4º ed. Nova Lima: INDG tecnologia e serviços, 2009.

**PRADO, D.** *Teoria das filas e da simulação*. 5º ed. Nova Lima: Falconi, 2014.

**PROMODEL.** *O primeiro e único simulador do mercado em Português*. Disponível em <http://www.belge.com.br/promodel-intro.php>. Acesso em 21 Abr. 2017.

**PROMODEL.** *Simulando com ProModel curso básico*. Disponível em: <https://yatex.files.wordpress.com/2010/09/apostila-pm.pdf>. Acesso em 21 Abr. 2017.

**RODRIGUES, L. F.** *Análise comparativa de metodologias utilizadas no despacho de caminhões em minas a céu aberto*. Belo Horizonte/MG, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Minas Gerais.

**ROESCH, S. M. A.** *Projetos de estágio e de pesquisa em administração: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso*. São Paulo: Atlas, 2007.

**SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C. et al.** *Administração da Produção*. Edição compacta. São Paulo: Atlas, 2009.

